

Docket No. 240841US2/hyc



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Tetsuya KAWANISHI, et al.

GAU:

SERIAL NO: 10/627,782

EXAMINER:

FILED: July 28, 2003

FOR: LOW-NOISE OPTICAL FREQUENCY CONVERTER

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2002-238481	August 19, 2002
JAPAN	2002-242361	August 22, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
☐ are submitted herewith
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Joseph A. Scafetta, Jr.
Registration No. 26,803

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

US

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 8 月 1 9 日
Date of Application:

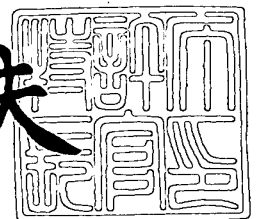
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 3 8 4 8 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 3 8 4 8 1]

出 願 人 独 立 行 政 法 人 通 信 総 合 研 究 所
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 CRL-02-84

【提出日】 平成14年 8月19日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H03D 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小金井市貫井北町 4 - 2 - 1 独立行政法人通信
総合研究所内

【氏名】 川西 哲也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小金井市貫井北町 4 - 2 - 1 独立行政法人通信
総合研究所内

【氏名】 井筒 雅之

【特許出願人】

【識別番号】 301022471

【氏名又は名称】 独立行政法人通信総合研究所

【代理人】

【識別番号】 100082669

【弁理士】

【氏名又は名称】 福田 賢三

【選任した代理人】

【識別番号】 100095337

【弁理士】

【氏名又は名称】 福田 伸一

【選任した代理人】

【識別番号】 100061642

【弁理士】

【氏名又は名称】 福田 武通

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0104800

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 低雑音光周波数変換装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力した光波を予め決められた高周波電気信号で変調することにより、1 次の上（あるいは下）側帯波と 3 次の下（あるいは上）側帯波とを含む光波を出力する周波数変換装置において、上記の入力した光波と同一の光波を上記の高周波信号の 3 倍の角周波数をもった信号で変調する構成を備え、この構成により得られる 1 次の下（あるいは上）側帯波をもった光波と、上記の 3 次の下（あるいは上）側帯波とが逆位相となるように合波する構成を備え、この構成により、3 次の側帯波を抑制する機能をもつことを特徴とする低雑音光周波数変換装置。

【請求項 2】 光波の入力部と、変調するための信号の入力部と、変調された光波の出力部と、
第 1 のマッハ・ツェンダ干渉計型光変調器と第 2 のマッハ・ツェンダ干渉計型光変調器とをそれぞれの光路に設けた、上記の入力部に入力された光波を変調するためのマッハ・ツェンダ干渉計型 SSB 変調器と、
予め決められた高周波電気信号の基本波を入力する手段と、その基本波の 3 倍波を生成する回路と、
上記の 3 倍波の振幅調整手段と、
上記の高周波電気信号の基本波とその基本波の 3 倍波との位相差を調整することのできる遅延手段と、
上記の基本波と上記の 3 倍波との合波手段と、
前記の合波手段の出力を、上記の変調するための信号の入力部に給電する手段とを備え、上記の光周波数変換において、上記の高周波電気信号の基本波によるノイズ成分を上記の 3 倍波による変調によって発生する光波成分により抑制する機能をもつことを特徴とする低雑音光周波数変換装置。

【請求項 3】 上記の合波手段と、上記の変調するための信号の入力部に給電する手段は、合波された上記の基本波と上記の 3 倍波とを概略 90 度位相の異なる 2 つの信号に分波する 90 度ハイブリットであることを特徴とする請求項 2 に

記載の低雑音光周波数変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、基準となる周波数を持った光から制御された周波数差の光に変換することのできる低雑音光周波数変換装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

入力された光の周波数を変換するための装置としては、次に述べる様にいくつかの方法が知られている。例えば、(1) 非線型光学結晶に2種類の光を入力して、それらの光を混合する方法は既に良く知られており、レーザ光自体の周波数を2倍にする場合にも使われている。また、(2) モードロックレーザを用いる方法で、レーザ共振器中に光変調器とアイソレータとファブリーペローエタロンとを設置して光パルスが発生する方法は、位相変調周波数 f_m より K_m 倍高次の周波数 f_p ($f_p = K_m \times f_m$) の側帯波を発生する方法としても知られている。あるいはまた、(3) 光を高周波信号で変調して、その側帯波を取り出すことにより、光の周波数を変換すること、も既に知られている。

【0 0 0 3】

また、上記の(3)の形態については、さらに細分化すると、次の方法による形態があることが知られている。

【0 0 0 4】

(3-1) 入力した光を高周波信号で強度変調あるいは位相変調し、目的とする側帯波を濾波器などを用いて選択的に取り出すことにより、光の周波数と高周波信号の周波数との和あるいは差の周波数の光を得る方法。この方法は、目的とする側帯波のみを選択できるという利点があるが、濾波器を必要とし、また、高周波信号を変化させる場合には、濾波器の濾波特性をそれに合わせて調整する必要があるという欠点がある。

【0 0 0 5】

(3-2) 入力した光を高周波信号で位相変調するが、光搬送波や両側帯波の一

方の側帯波を、光回路を工夫することにより相殺することで、他方の側帯波を取り出すことにより光の周波数を変換する方法。この方法は、光SSB（片側波帯）変調として知られており、濾波器を用いないため、高周波信号を変化させても濾波器を調整する必要はないが、得られる光信号に高次の側帯波が含まれるという欠点がある。

【0006】

本発明は、上記の（3-2）に関するもので、この点について以下に説明する。

【0007】

光SSB変調については、例えば、文献1（下津、井筒、“次世代通信のためのLiNbO₃光SSB変調器”、光アライアンス、27巻、7月、2000年）、あるいは文献2（日隈、他4名、“XカットLiNbO₃を用いた光周波数シフタ／SSB-SC変調器の開発”、信学技報、TECHNICALREPORT OF OEICE. OPE 2001-159（2002-2））に詳しく記載されている。

【0008】

特に、文献2には、XカットLiNbO₃を用いた光周波数シフタである図1に示す構成のSSB変調器1を用いて変調する場合が記載されている。SSB変調器1は、光波を入力し、変調された光波を出力する変調器である。これは、第1のマッハ・ツェンダ干渉計型位相変調器（MZ_A）と第2のマッハ・ツェンダ干渉計型位相変調器（MZ_B）とをそれぞれの光路に設けたもので、上記の光搬送波を変調するためのマッハ・ツェンダ干渉計（MZ_C）型SSB変調器である。

【0009】

ここで、 ω を入射光の角周波数、 Ω を高周波信号の角周波数、 ϕ を変調度とすると、入射光を、 $\exp(j\omega t)$ 、とし、また、変調する高周波信号を、説明を分かり易くするため単一周波数の信号と仮定して、これを、 $\phi \sin(\Omega t)$ 、とする。この信号を1のRF_Aに印加し、また、1のRF_Bには、信号 $\phi \cos(\Omega t)$ 、を印加する。この信号は、先の信号を $\pi/2$ （90度）移相した信号であるので、この信号は、上記と同じ信号から移相器を用いて発生することができる。また、DC_Cにバイアス電圧を印加して、MZ_Cの両アームを透過する光波間に位相差

$\pi/2$ を与える。また、同時に、 DC_A 、 DC_B にバイアス電圧を印加して MZ_A 、 MZ_B 、それぞれのアームを透過する光波間に位相差 π を与えてキャリアを抑圧する。

【0 0 1 0】

ここで、 MZ_A を透過する光波の受ける電場は、互いに逆向きであり、また位相差が与えられていることから、 MZ_A 部の出力は次のようになる。

【数 1】

$$f_A(t) = \exp(j\omega t) \{ \exp(j\phi \sin(\Omega t)) + \exp(-j\phi \sin(\Omega t)) \exp(j\pi) \}$$

【0 0 1 1】

また、 MZ_B を透過する光波は、

【数 2】

$$f_B(t) = \exp(j\omega t) \{ \exp(j\phi \cos(\Omega t)) + \exp(-j\phi \cos(\Omega t)) \exp(j\pi) \}$$

であるので、 MZ_C 部から出力される光波は、つぎのようになる。

【0 0 1 2】

【数 3】

$$f_C(t) = \exp(j\omega t) \left[\begin{aligned} &\{ \exp(j\phi \sin(\Omega t)) + \exp(-j\phi \sin(\Omega t)) \exp(j\pi) \} \\ &+ \{ \exp(j\phi \cos(\Omega t)) + \exp(-j\phi \cos(\Omega t)) \exp(j\pi) \} \exp(j\pi/2) \end{aligned} \right]$$

数 3 は、変調度 ϕ を小さくすると 5 次以降は微小で無視できる程度になるため、次の数 4 のようになる。

【0 0 1 3】

【数 4】

$$f_C(t) = \exp(j\omega t) \{ J_{+3}(\phi) \exp(j3\Omega t) + J_{-1}(\phi) \exp(-j\Omega t) \}$$

【0 0 1 4】

数 4 から、1 次の下側帯波と、3 次の上側帯波が出力されることが分かる。ここで、変調指数 ϕ を小さくして高次の項が減衰するようにすることができることはよく知られている。また、上記と同様に見積って、 MZ_C の両アームを透過する光波間に位相差 $-\pi/2$ (-90 度)を与えることにより 1 次の上側帯波と、3 次の下側帯波が出力されることを導くことができる。

【0 0 1 5】

上記の様に、従来の光SSB変調を用いた光周波数変換装置では、1次の側帯波にともなって3次の側帯波が出力されるという欠点がある。さらに、一般に変調指数 ϕ を大きくするに従って、より大きな高次奇数項に相当する側帯波が出力される、という欠点もある。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

光SSB変調を用いた光周波数変換においては、濾波器を用いないため、高周波信号を変化させても濾波器を調整する必要はないという利点があるが、光周波数変換出力として得られる光信号に3次以上の奇数次の高次側帯波が含まれるという欠点がある。

【0017】

この発明は、上記に鑑み提案されたもので、光SSB変調を用いているが、3次以上の奇数次の側帯波のうちで最も信号強度の高い3次の側帯波を抑制した光信号が得られる低雑音光周波数変換装置を実現するものである。

【0018】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、第1の発明は、低雑音光周波数変換装置に関しており、入力した光波を予め決められた高周波電気信号で変調することにより、1次の上（あるいは下）側帯波と3次の下（あるいは上）側帯波とを含む光波を出力する周波数変換装置において、上記の入力した光波と同一の光波を上記の高周波信号の3倍の角周波数をもった信号で変調する構成を備え、この構成により得られる1次の下（あるいは上）側帯波をもった光波と、上記の3次の下（あるいは上）側帯波とが逆位相となるように合波する構成を備え、この構成により、3次の側帯波を抑制する機能をもつことを特徴としている。

【0019】

また、マッハ・ツェンダ干渉計型SSB変調器を用いてそのような低雑音光周波数変換装置を実現できることから、第2の発明は、光波の入力部と、変調するための信号の入力部と、変調された光波の出力部と、第1のマッハ・ツェンダ干渉計型光変調器と第2のマッハ・ツェンダ干渉計型光変調器とをそれぞれの光路

に設けた、上記の入力部に入力された光波を変調するためのマッハ・ツェンダ干渉計型SSB変調器と、予め決められた高周波電気信号の基本波を入力する手段と、その基本波の3倍波を生成する回路と、上記の3倍波の振幅調整手段と、上記の高周波電気信号の基本波とその基本波の3倍波との位相差を調整することのできる遅延手段と、上記の基本波と上記の3倍波との合波手段と、前記の合波手段の出力を、上記の変調するための信号の入力部に給電する手段とを備え、上記の光周波数変換において、上記の高周波電気信号の基本波によるノイズ成分を上記の3倍波による変調によって発生する光波成分により抑制する機能をもつことを特徴としている。

【0020】

また、上記の基本波とその3倍波との合成波から90度の位相差を持った2つの信号波を得て、この信号を用いてSSB変調する際に、90度ハイブリッドを用いると装置構成が簡単になることから、第3の発明は、上記の合波手段と、上記の変調するための信号の入力部に給電する手段は、合波された上記の基本波と上記の3倍波とを概略90度位相の異なる2つの信号に分波する90度ハイブリットであることを特徴としている。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下に、まず、本発明の原理を示し、次に、望ましい実施の形態を示す。

上記の数1から数4までの説明では、図1の構成のSSB変調器において、角周波数 Ω の高周波信号でSSB変調する場合示した。これらの結果から、角周波数 3Ω の高周波信号：RFA： $-\phi \sin(3\Omega t)$ 、RFB： $\phi \cos(3\Omega t)$ 、でSSB変調する場合は、つぎの側帯波が得られることが分かる。

【0022】

【数5】

$$f_{3\Omega}(t) = \exp(j\omega t) \{ J_{-3}(\phi_{3\Omega}) \exp(-j9\Omega t) - J_{+1}(\phi_{3\Omega}) \exp(j3\Omega t) \}$$

これを、数4との和をとることによって、数6が得られる。

【0023】

【数 6】

$$f_c(t) + f_{3\Omega}(t) = \exp(j\omega t) \\ \times [J_{-1}(\phi)\exp(-j\Omega t) + (J_{+3}(\phi) - J_{+1}(\phi_{3\Omega}))\exp(j3\Omega t) + J_{-3}(\phi_{3\Omega})\exp(-j9\Omega t)]$$

従って、次の様にすることによって、1 次の下側帯波には影響を与えずに、3 次の上側帯波を抑制できることが分かる。

【0024】

【数 7】

$$(J_{+3}(\phi) - J_{+1}(\phi_{3\Omega})) = 0$$

【0025】

また、上記と同じ入力信号に対して、角周波数 5Ω の高周波信号で同様な操作を行なうことにより、5 次の側帯波も抑制できることは明らかである。このように、高次の側帯波を、より高次の側帯波の成分に掃出すことが可能であり、低雑音光周波数変換装置を実現できることがわかる。

【0026】

この結果を実現するための低雑音光周波数変換装置としては、図 2 に示す様に、1 の構成の SSB 変調器を MZ_C と MZ_S の 2 つ用意して、一方 MZ_C を角周波数 Ω の信号で変調し、他方 MZ_S を角周波数 3Ω の信号で変調して、その出力を逆位相になるように合波すればよいことがわかる。各端子には、例えば、次の信号を印加する。

$$RF_A: \sin(\Omega t),$$

$$RF_B: \cos(\Omega t),$$

$$RF_S: -\sin(3\Omega t),$$

$$RF_T: \cos(3\Omega t)。$$

この際、バイアス端子 DC_A と DC_B 、および DC_S と DC_T にも、図 1 の SSB 変調器の場合と同じ位相関係になるようなバイアスを与える。

【0027】

また、1 次の上側帯波と、3 次の下側帯波がある場合にも、類似の制御で 3 次の下側帯波を抑制することが可能である。

【0028】

しかし、図2に示す構成には、重複する部分がある。電磁波は重ね合わせができることから、これらの重複部分を、共有することができる。この様に構成した本発明の望ましい構成を図3に示す。この共有する構成では、それぞれの構成部の温度変化などによる光路長などの変化が同一の値となるので、合波される際に相殺されるという利点がある。図3に示す低雑音光周波数変換装置におけるSSB変調器1は、1次の側帯波と、3次あるいはそれより高次の側帯波が出力される変調器であり、その例としては、図1に示した、マッハ・ツェンダ干渉計型SSB変調器がある。より具体的には、例えば、住友大阪セメント社製のXcutLNS SB-SC変調器 (Model T. SBX1. 5-10-ADC) を用いることができる。この他には、例えば、上記の文献1に示された、Zカットのリチウムナイオベイト結晶を用いた光SSB変調器を用いることができる。

【0029】

このSSB変調器に入力する高周波信号は、高周波源7からの基本波と、この基本波の3倍波である。この3倍波は、基本波に位相同期して発生したものでもよいし、さらに基本波の基準である信号に位相同期して発生した信号でもよい。図3の場合は、上記の基本波もこの基準となる信号に位相同期した位相同期3通倍器6で発生させている。この様に発生された3倍波は、数7の関係を満たす様にするため、振幅調整器5で増幅されるか、あるいは減衰される。この信号はさらに、可変遅延器4で遅延されることにより、位相差が与えられる。位相差の与えられた信号は、3により基本波と重畳されるが、重畳された信号は、90度ハイブリッドにより90度の位相差をもった2つの変調信号に分けられる。この90度ハイブリッドは、広帯域型である必要がある。具体的には、例えば、KRYSTAR社製の型番1831を用いることができる。これらの変調信号を、マッハ・ツェンダ干渉計型のSSB変調器1に印加する場合、各信号の位相の組合せとしては、次のものがある。

組合せ1:

RF_A に印加する基本波の位相 = 0

RF_B に印加する基本波の位相 = 90度

RF_A の位相変調器に印加する3倍波の位相 = 0

RFBに印加する3倍波の位相=-90度

組合せ2：

RFAに印加する基本波の位相=0

RFBに印加する基本波の位相=-90度

RFAに印加する3倍波の位相=0

RFBに印加する3倍波の位相=90度

また、各バイアス端子には、図1のSSB変調器の場合と同じ位相関係になるようなバイアスをバイアス発生器2から与える。

【0030】

以上の説明においては、3次の側帯波を抑制する場合を主眼とした。しかし、周波数変換装置としては、3次の側帯波に限らず、より高次の側帯波もノイズとなる。特に図3の例では、数6の右辺は、近似的に成立するが、さらに厳密には、僅かではあるが低次あるいは高次の側帯波も出力される、これらの低次あるいは高次の側帯波もノイズとなる。このため、実際の使用に当たっては、目的とする側帯波以外のパワースペクトルが最小値をとる様に、3倍波の振幅やその基本波に対する位相を調整することが望ましい。この場合は、バイアス端子に与えるバイアス電圧や、変調指数に関する最適な条件は、上記の条件から僅かにずれるが、このような設定も本発明の目的とする所である。

【0031】

【発明の効果】

この発明は上記した構成からなるので、以下に説明するような効果を奏することができる。

【0032】

第1の発明では、光搬送波をSSB変調で周波数変換する場合に、目的とする側帯波以外の高次の側帯波が発生していたが、この高次の側帯波と逆相の側帯波を発生させる構成とすることによってこれを抑制できるようになる。

【0033】

第2の発明では、マッハ・ツェンダ干渉計型SSB変調器により周波数変換する際に、目的とする側帯波以外の高次の側帯波が発生していたが、この高次の側

帯波と逆相の側帯波を相殺させる構成にすることにより、基本波とその3倍波を上記のSSB変調器に入力し、その位相差を調整することにより、抑制できるようになる。

【0034】

また、第3の発明では、第2の発明における変調信号を90度ハイブリットを用いて概略90度位相の異なる2つの信号に分波するようにしたので、簡単な装置構成となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

従来のマッハ・ツェンダ干渉計型SSB変調器の構成を示す模式図である。

【図2】

低雑音光周波数変換装置の構成を示す模式図である。

【図3】

低雑音光周波数変換装置の構成を示す模式図である。

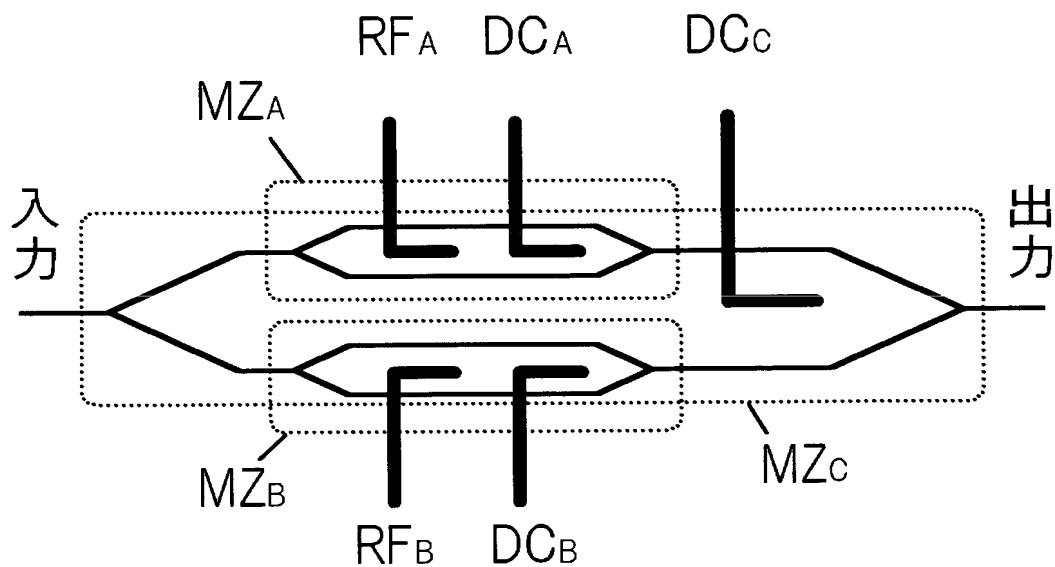
【符号の説明】

- 1 SSB変調器
- 2 バイアス発生器
- 3 ハイブリッド回路
- 4 可変遅延器
- 5 振幅調整器
- 6 位相同期3逡倍器
- 7 高周波源

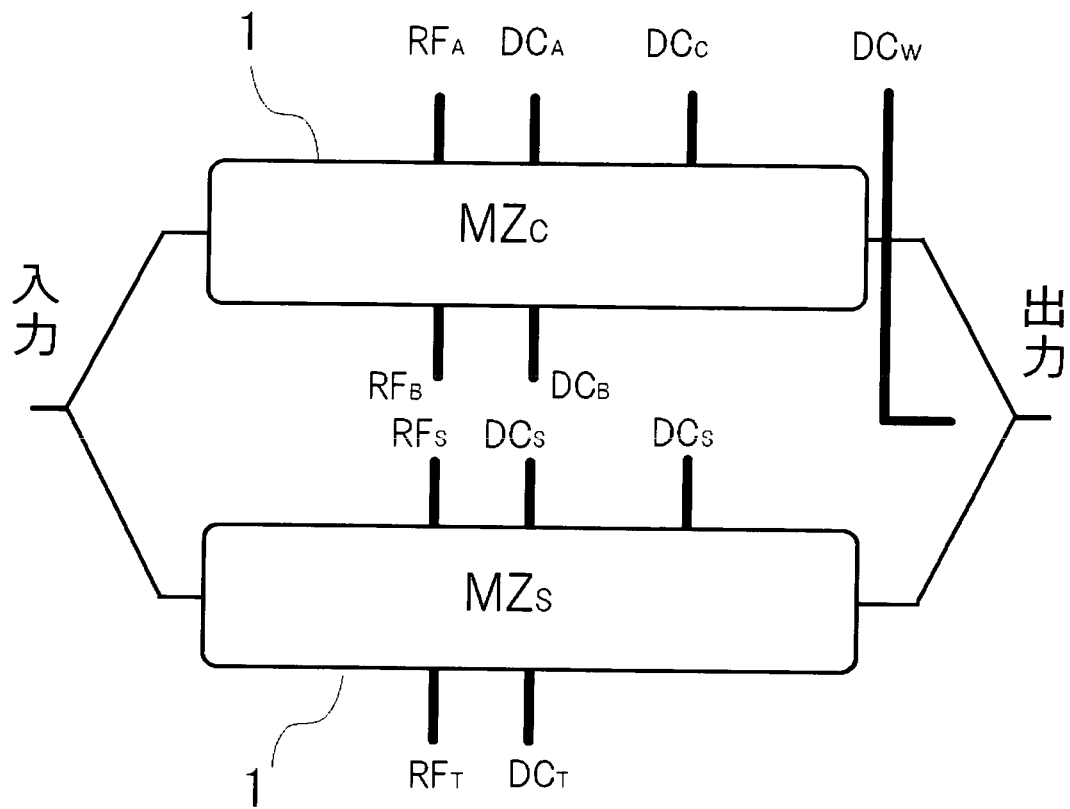
【書類名】 図面

【図 1】

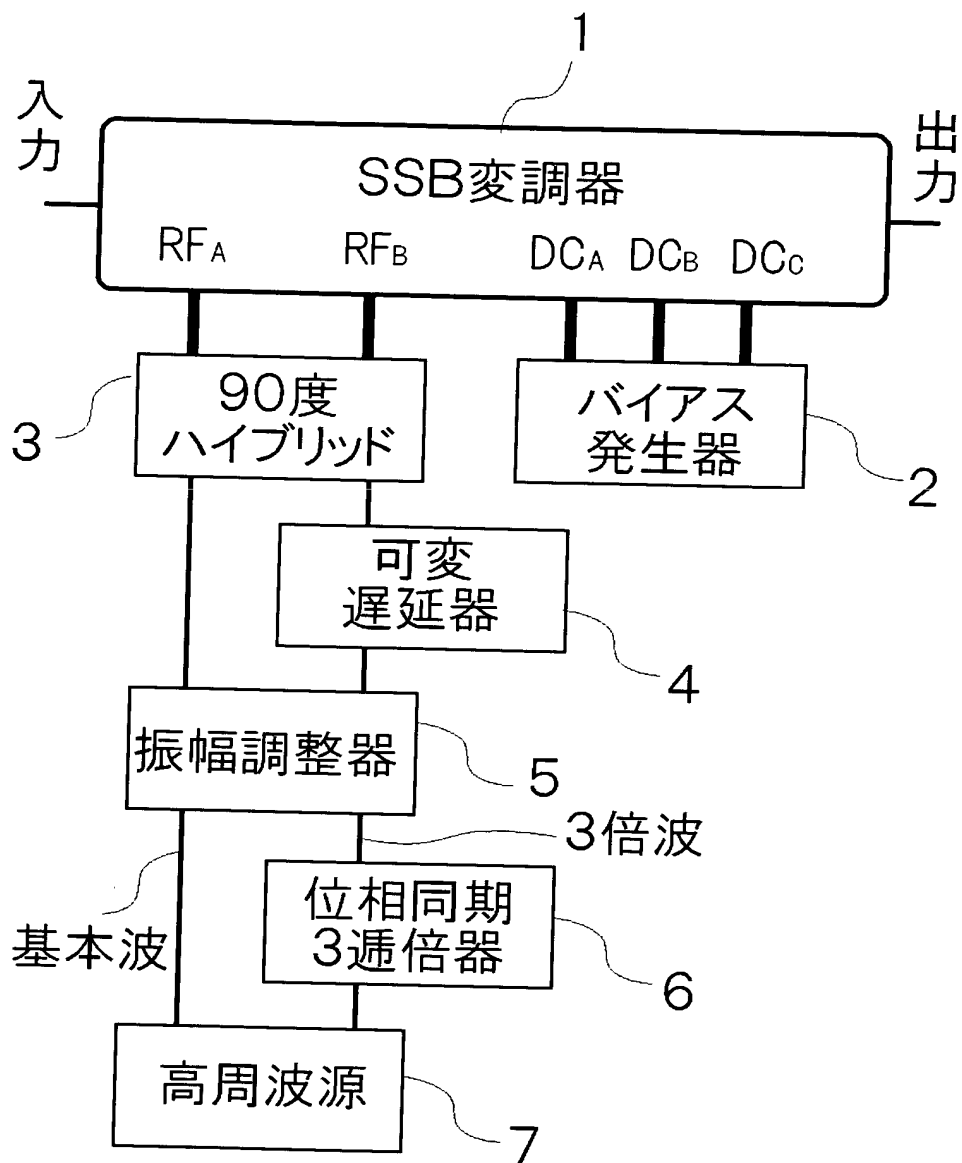
1



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光 S S B 変調を用いているが、3 次以上の奇数次の側帯波のうちで最も信号強度の高い 3 次の側帯波を抑制した光信号が得られる低雑音光周波数変換装置を実現する。

【解決手段】 入力した光波を高周波電気信号で変調することにより、1 次の上（あるいは下）側帯波と 3 次の下（あるいは上）側帯波とを含む光波を出力する低雑音光周波数変換装置で、入力した光波と同一の光波を高周波信号の 3 倍の角周波数をもった信号で変調する構成を備え、この構成により得られる 1 次の下（あるいは上）側帯波をもった光波と、上記の 3 次の下（あるいは上）側帯波とが逆位相となるように合波する構成を備え、この構成により、3 次の側帯波を抑制する。この低雑音光周波数変換装置には、第 1 と第 2 のマッハ・ツェンダ干渉計型位相変調器とをそれぞれの光路に設けた、マッハ・ツェンダ干渉計型 S S B 変調器を用いる。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 2 - 2 3 8 4 8 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 1 0 2 2 4 7 1]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 4 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都小金井市貫井北町 4 - 2 - 1

氏 名

独立行政法人通信総合研究所